

УДК 621.438

**АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ
ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН**
**Analysis of causes of destruction of working bodies of the machine for disposal
of automobile tires**

Бутаков С.В., кандидат технических наук, доцент

Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
(Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Александров В.А., кандидат технических наук, доцент

Уральского государственного аграрного университета
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация.

Представлены результаты исследования причин разрушения рабочих органов машины для разделения отработанных автомобильных шин (шредера) линии по переработке изношенных шин.

Ключевые слова: фреза, твердость, ударная вязкость, геометрические параметры, шлицевое отверстие.

Abstract

Presented are the results of a study of the causes of the destruction of the machine's working parts for the separation of used automobile tires (shredder) for the processing of worn-out tires.

Keywords: milling cutter, hardness, impact strength, geometric parameters, splined hole.

Были проведены исследования по выяснению причин разрушения фрез машины для разделения отработанных автомобильных шин (шредера) линии по переработке изношенных шин с наружным диаметром до 1200 мм в резиновую крошку.

Для исследования представлены части разрушенной фрезы (рис. 1, рис.2), фреза с целой рабочей поверхностью.



Рис. 1. Характерное разрушение фрез

Исследовались следующие параметры: твердость поверхности инструмента, геометрические параметры посадочной поверхности фрезы на вал, т.е. шлицев (зубьев)

$b-20 \times 112H11 \times 125H11 \times 9D9$ (прямобочное шлицевое соединение тяжелой серии, центрирование по боковым поверхностям зубьев - b), поверхность излома. Материал изделия - сталь 65Г ГОСТ 14959-79, твердость поверхности по чертежу HRC₃, 50-55. Чертеж шлицевого вала производителем не был представлен.



Рис. 2. Разрушение шлицев фрезы

Применяемое оборудование: контрольно-измерительная машина (DEA PERFORMANCE 07-10-07), прибор для измерения твердости по Роквеллу, растровый микроскоп, установка гидроабразивной обработки [1, 2, 3].

Результаты исследований

1. Замеры твердости HRC₃ в (среднее по трём измерениям): вблизи рабочей кромки - 58,33; в средней части - 57,33; вблизи шлицев - 57,5. Хрупкость металла напрямую связана с твердостью (с увеличением твердости увеличивается и хрупкость). По ударной вязкости судят о склонности материала детали к хрупкому разрушению.

Увеличение твердости HRC₃ до 57,5, по сравнению с указанной на чертеже, приводит к увеличению вероятности хрупкого разрушения в 1,3-2 раза (рис.3).

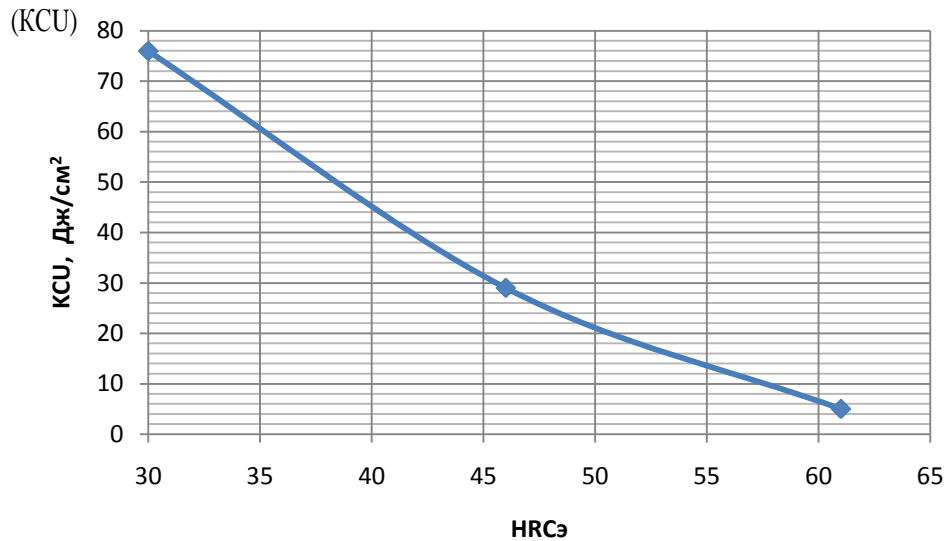


Рис.3. Зависимость ударной вязкости (КСУ) стали 65Г от твердости HRC₃ (по данным [4])

2. Исследование геометрии шлицев фрезы

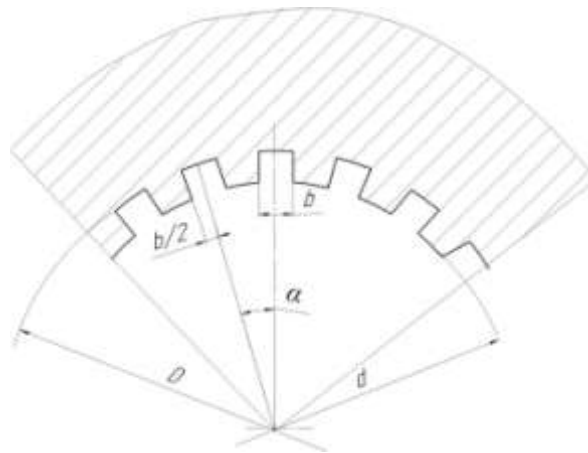


Рис. 4. Схема измерения геометрических параметров шлицев фрезы.

а) Отклонение формы – отклонение от круглости по D – 0,329 мм, по d – 0,038 мм.

б) Отклонение по впадине шлица в отверстии фрезы (размер b):

- по требованию чертежа (по ГОСТ1139-80) $9^{+0,076}_{+0,040}$, т.е. наибольший предельный размер

9,076 мм, наименьший 9,040 мм;

- результаты измерений по размеру b мм: 9,379; 9,337; 9,232; 9,254; 9,232; 9,189; 9,204; 9,227; 9,200; 9,305; 9,214; 9,267; 9,199; 9,182; 9,214; 9,200; 9,082; 9,142.

в) результаты измерений отклонений угла (α) между осями, проведенными посередине шлицев (номинальный угол $\alpha = 18^{\circ}00'00''$): $0^{\circ}00'00''$; $-1^{\circ}46'30''$; $-0^{\circ}47'36''$; $-0^{\circ}03'03''$;

$-0^{\circ}39'55''$; $0^{\circ}20'20''$; $-1^{\circ}20'27''$; $-1^{\circ}25'52''$; $-0^{\circ}22'25''$; $-0^{\circ}52'01''$; $2^{\circ}14'14''$; $-0^{\circ}16'44''$;
 $1^{\circ}23'19''$; $-0^{\circ}31'35''$; $0^{\circ}21'23''$; $-0^{\circ}04'08''$; $-1^{\circ}20'29''$; $-2^{\circ}10'41''$.

Анализ результатов

1. Отклонение формы по D и d (отклонение от круглости) не оказывает заметного влияния, при данном способе центрирования, на прочность детали.

2. Повышенное значение величины твердости материала фрезы по сравнению с даже заданным значением приводит к некоторому увеличению склонности материала к хрупкому разрушению.

Известна рекомендованная твердость шлицев HRC₃ 30-35 [5], которая достигается термообработкой – улучшением. При твердости HRC₃ 55-57 склонность к хрупкому разрушению по сравнению с рекомендованной твердостью увеличивается в 6,5-7,5 раза (кривая ударной вязкости). В случае необходимости обеспечения твердой поверхности проводится поверхностная закалка (ТВЧ), цементация или азотирование.

Объемной закалке шлицы не подвергают, чтобы устранить возможность хрупкого разрушения. Если судить по информации, представленной на чертеже, фреза подвергается объемной закалке, что не исключает хрупкого разрушения шлицев, следовательно, такая термообработка шлицевого участка является технологической ошибкой.

3. Взаимное расположение впадин шлицев определяется углом α . Отклонение угла от номинального значения неравномерно и достаточно велико – более 2° .

4. Размеры всех впадин шлицев по ширине (b) превышают предельно допустимые значения (наибольшее отклонение составляет 0,303 мм, наименьшее 0,082 мм). Предполагая, что возможные предельные отклонения вала (чертеж вала не представлен) по ширине шлица (b) в соответствии с рекомендациями ГОСТ 1139-80 выполнены:

$e8\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,047 \end{smallmatrix}\right)$ или $f8\left(\begin{smallmatrix} -0,013 \\ -0,035 \end{smallmatrix}\right)$ или $d9\left(\begin{smallmatrix} -0,040 \\ -0,076 \end{smallmatrix}\right)$ можно определить предельно-допустимые зазоры. По

стандарту зазоры (в мм) для посадки $9 \frac{D9}{e8}$, $S_{\max}=0,123$, $S_{\min}=0,065$; для посадки $9 \frac{D9}{f8}$,

$S_{\max}=0,111$, $S_{\min}=0,053$; для посадки $9 \frac{D9}{d9}$ $S_{\max}=0,152$, $S_{\min}=0,080$. Реальные зазоры (мм) для

поля допуска вала $e8$ - $S_{\max}=0,426$, $S_{\min}=0,107$; $f8$ - $S_{\max}=0,414$, $S_{\min}=0,095$; $d9$ -

$S_{\max}=0,455$, $S_{\min}=0,122$. Таким образом, реальные зазоры превышают допустимые по S_{\max} более чем в 3 раза, по S_{\min} более чем в 1,5 раза. Кроме того, значительно возрастает разность между S_{\min} и S_{\max}

5. Основываясь на вышеизложенном (п.п 3,4), можно утверждать, что распределение нагрузки в рабочих условиях между зубьями шлицевого соединения будет крайне неравномерным. В таких условиях вероятно разрушение наиболее нагруженных зубьев (одного или нескольких) и последовательно остальных. Шлицы, как известно, являются концентратором напряжений, что приводит к возникновению дополнительных повышенных напряжений в углах зубьев, особенно при переменных нагрузках. Образование острых углов и трещин при поломке зубьев шлицев многократно усиливает концентрацию напряжений. Учитывая склонность материала фрезы к хрупкому разрушению (п.п 2) вероятность разрушения многократно возрастает. Возникновение трещин в шлицевом соединении через некоторое число циклов приведет к полному разрушению фрезы. Из-за высокой твердости зубьев шлицевого соединения возможно повреждение вала шредера как при разрушении фрезы, так и при монтаже (демонтаже) фрез.

6. Разрушение шлицев в большей или меньшей степени обнаружены на 13 фрезах (12 фрез на одном валу и 1 на втором, остальные фрезы на момент осмотра не демонтировались).

Выводы:

1. причиной разрушения фрезы и разрушения шлицевых соединений является невыполнение требований по точности геометрических размеров посадочной поверхности (шлицевого соединения) и высокая твердость зубьев шлицевого соединения;

2. по результатам исследований можно сделать вывод, что весь комплект фрез выполнен с браком.

Библиографический список

1. *Полянский С.Н., Бутаков С.В., Александров В.А., Ольков И.С.* Струйная гидроабразивная обработка поверхности в машиностроении и ремонтном производстве // Труды ГОСНИТИ. М. : ГОСНИТИ, 2012. Т. 109. Ч. 1. С. 14–22.
2. *Полянский С.Н., Бутаков С.В., Александров В.А.* Обоснование оптимальных технологических режимов обработки поверхностей методом ГАО при ремонте сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11 (102). С. 49–51.
3. *Полянский С.Н., Бутаков С.В., Александров В.А.* Гидроабразивная очистка поверхности // Инновационно-промышленный форум : матер. Всерос. науч.-практ. конф. Уфа : Башкирский ГАУ, 2010. С. 52–54.
4. Марочник сталей и сплавов / Ю.Г. Драгунов, А.С.Зубченко, Ю.В.Каширский и др., под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко. М., 2014. 1216 с.
5. *Орлов П.И.* Основы конструирования : справочно-методическое пособие. Т. 2. М. : Машиностроение, 1988. 544 с.